

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-053616

(43)Date of publication of application : 25.02.1994

(51)Int.Cl.

H01S 3/18  
H01S 3/096

(21)Application number : 04-222718

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

(22)Date of filing : 21.08.1992

(72)Inventor : TOMORI YUICHI  
YOSHIKUNI YUZO  
ISHII HIROYUKI

(30)Priority

Priority number : 04 49425  
04144117Priority date : 06.03.1992  
04.06.1992

Priority country : JP

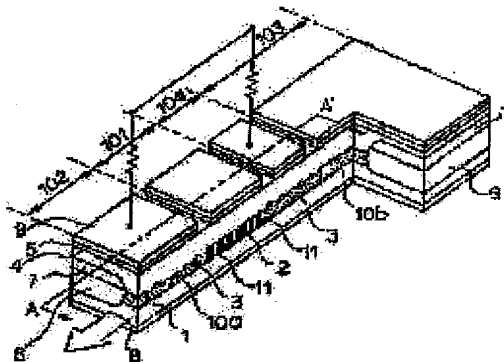
JP

## (54) SEMICONDUCTOR LASER COMPLETE WITH WAVELENGTH SWEEP FUNCTION

(57)Abstract:

PURPOSE: To conduct wideband wavelength sweep by using a semiconductor distribution reflector, as a laser reflector, which has regions repeatedly at a cycle of  $M_f$  ( $M_f > A_s, A_b$ ) where a pitch of diffraction lattice on a optical waveguide path changes continuously or interruptedly from  $A_a$  to  $A_b$ .

CONSTITUTION: This semiconductor laser is provided with a section 10a forming repeatedly, at a cycle of  $M_f$ , a region of a diffraction lattice where a pitch changes continuously from  $A_a$  to  $A_b$ , and a section 10b forming repeatedly, at a cycle of  $M_f$ , a region of a diffraction lattice where a pitch changes continuously from  $A'a$  to  $A'b$ . An active region 101 containing an active waveguide path layer 2, a distribution reflector regions 102 and 103 which have diffraction lattice-formed sections 10a and 10b, and a phase adjusting region 104 having a non-active waveguide path layer 3 where a diffraction lattice is not formed are electrically separated mutually. When the electric current flows into the active region 101, laser oscillation generates, and oscillating wavelength is changed by the distribution reflector regions 102, 103, and the phase adjusting region 104.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

02.08.1995

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

2832920

[Date of registration]

02.10.1998

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-53616

(43)公開日 平成6年(1994)2月25日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

H 0 1 S 3/18

3/096

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数7(全12頁)

(21)出願番号 特願平4-222718

(22)出願日 平成4年(1992)8月21日

(31)優先権主張番号 特願平4-49425

(32)優先日 平4(1992)3月6日

(33)優先権主張国 日本(JP)

(31)優先権主張番号 特願平4-144117

(32)優先日 平4(1992)6月4日

(33)優先権主張国 日本(JP)

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72)発明者 東盛 裕一

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72)発明者 吉国 裕三

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72)発明者 石井 啓之

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(74)代理人 弁理士 中村 純之助

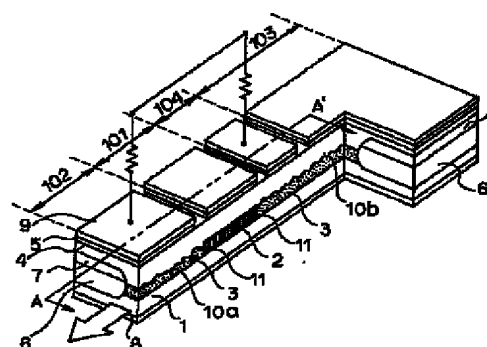
(54)【発明の名称】 波長掃引機能付き半導体レーザ

(57)【要約】

【目的】非活性導波路領域の等価屈折率変化量が従来程度でも、活性導波路領域の利得帯域幅にわたり、広帯域波長掃引が可能な波長掃引機能付き半導体レーザを得る。

【構成】前側及び後側の非活性導波路領域102、103に、複数種類のピッチを有する回折格子10a、10bを形成し、上記非活性導波路領域の屈折率を電氣的に独立に制御する。

図1



1---半導体基板

2---光導波路層

3---非活性導波路層

9c,9d,9e,9f---櫛型電極

10a,10b---回折格子

101---活性導波路領域

102,103---非活性導波路領域

104---位相調整領域

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体基板上に形成された上記半導体基板よりも光学的に屈折率が大きい光導波路層を、1層以上含む光導波路を有する半導体分布反射器において、上記光導波路上に形成された回折格子のピッチが $\Lambda_a$ から $\Lambda_b$ まで連続的もしくは断続的に変化する領域が、周期 $M_r$ （ただし、 $M_r > \Lambda_a$ 、 $\Lambda_b$ ）で繰り返し形成されていることを特徴とする半導体分布反射器。

【請求項2】半導体基板上の所定の領域に形成した活性導波路層と、該活性導波路層の前後にそれぞれ上記活性導波路層と光学的に結合した非活性導波路層とを有する分布反射型半導体レーザであって、上記前及び後の非活性導波路領域の一部または全部が、請求項1に記載した半導体分布反射器で構成されていて、前側の非活性導波路領域に形成される回折格子は、ピッチが $\Lambda_a$ から $\Lambda_b$ まで連続的もしくは断続的に変化する領域が周期 $M_r$ （ただし、 $M_r > \Lambda_a$ 、 $\Lambda_b$ ）で繰り返し形成されており、後側の非活性導波路領域に形成される回折格子は、ピッチが $\Lambda_a'$ から $\Lambda_b'$ まで連続的もしくは断続的に変化する領域が周期 $M_r$ （ただし、 $M_r > \Lambda_a'$ 、 $\Lambda_b'$ ）で繰り返し形成されており、前及び後の非活性導波路領域の屈折率を、それぞれ独立に電流注入あるいは電圧印加を行うことにより制御し、発振波長を掃引することを特徴とする波長掃引機能付き半導体レーザ。

【請求項3】請求項2に記載した波長掃引機能付き半導体レーザにおいて、回折格子が形成されていない非活性導波路領域に電流注入もしくは電圧印加を行うことによって、上記非活性導波路領域の屈折率を制御して、発振波長を掃引することを特徴とする波長掃引機能付き半導体レーザ。

【請求項4】請求項2に記載した波長掃引機能付き半導体レーザにおいて、回折格子が形成されている前後の非活性導波路層の上方に、それぞれ櫛型に配置された2つの独立な電極を有することを特徴とする波長掃引機能付き半導体レーザ。

【請求項5】半導体基板上に形成した活性導波路層の上部あるいは下部に回折格子を有し、電氣的に分離された領域が少なくとも2つ以上ある、いわゆる多電極分布帰還型半導体レーザにおいて、活性導波路領域の一部または全部が請求項1に記載された半導体分布反射器で構成されていて、回折格子の構成が異なる2つの領域を有し、そのうちの1つの領域に形成される回折格子は、ピッチが $\Lambda_a$ から $\Lambda_b$ まで連続的もしくは断続的に変化する領域が周期 $M_r$ （ただし、 $M_r > \Lambda_a$ 、 $\Lambda_b$ ）で繰り返し形成されており、他方の領域に形成される回折格子は、ピッチが $\Lambda_a'$ から $\Lambda_b'$ まで連続的もしくは断続的に変化する領域が周期 $M_r$ （ただし、 $M_r > \Lambda_a'$ 、 $\Lambda_b'$ ）で繰り返し形成されており、上記異なる2つの活性導波路領域の屈折率をそれぞれ独立に電流注入を行って制御し、レーザ発振状態を保ちつつ発振波長を掃引することを特

2

徴とする波長掃引機能付き半導体レーザ。

【請求項6】請求項5に記載した波長掃引機能付き半導体レーザにおいて、回折格子が形成されていない活性導波路領域に注入する電流値を変化させることにより、上記活性導波路領域の屈折率を制御して、発振波長を掃引することを特徴とする波長掃引機能付き半導体レーザ。

【請求項7】請求項5に記載した波長掃引機能付き半導体レーザにおいて、回折格子が形成されている異なる2つの領域の活性導波路層の上方に、それぞれ櫛型に配置された2つの独立な電極を有することを特徴とする波長掃引機能付き半導体レーザ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光通信分野での光波長（周波数）多重通信システムにおける送信用光源や同期検波用可同調光源、及び光計測用光源として好適な波長掃引機能付き半導体レーザに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】将来の通信情報量の増大に対して、光波長（周波数）多重通信システムの研究が行われているが、送信用光源及び同期検波用可同調光源として広範囲な波長掃引機能が要求されてきており、また、光計測の分野からも広域波長帯をカバーする可変波長光源の実現が望まれている。可変波長光源としては、電流注入により簡単に波長を掃引することができる分布反射型半導体レーザが数多く研究されている。波長機能付き分布反射型半導体レーザの実現例として、図9にその構造の断面図を示す（例えば、東盛らによるエレクトロニクス・レターズ（Electronics Letters）24巻 24号、1481～1482頁、1988年参照）。図9において、2は活性導波路層、3は非活性導波路層、20は回折格子、101は活性領域、102及び103はそれぞれ前側及び後側の分布反射器領域、104は位相調整領域を示す。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来例においては、分布反射器領域102、103における回折格子20のピッチは一樣であるため、 $\lambda = 2\Lambda n_{\text{eq}}$ （ $\Lambda$ ：回折格子のピッチ、 $n_{\text{eq}}$ ：等価屈折率）で決まるブラッグ波長 $\lambda$ 近傍の発振波長は、非活性導波路領域の等価屈折率 $n_{\text{eq}}$ の電氣的な等価屈折率変化量 $\Delta n_{\text{eq}}$ で決まっていた。よって、通常電流注入による半導体の最大屈折率変化量 $\Delta n/n$ は1%程度であるため、上記従来例の分布反射型半導体レーザの波長掃引幅は100Å程度に留まり、光波長多重通信システム用光源としては不十分であるという問題があった。

【0004】本発明の目的は上記問題を解決し、非活性導波路領域の等価屈折率変化量 $\Delta n_{\text{eq}}$ が従来と同程度（約1%）でも、活性導波路領域の利得帯幅（約1000Å）にわたって広帯域波長掃引が可能な波長掃引機

能付き半導体レーザを提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】本課題を解決するために、半導体基板上に形成された前記半導体基板より光学的に屈折率の大きい光導波路層を1層以上含む光導波路において、前記光導波路上に形成された回折格子のピッチが $\Lambda_a$ から $\Lambda_b$ まで連続的もしくは断続的に変化する領域が周期 $M_r$ （ただし、 $M_r > \Lambda_a$ 、 $\Lambda_b$ ）で繰り返し形成されている半導体分布反射器をレーザの反射器として用いる。

【0006】そして、レーザ構造としては半導体基板上の所定の領域に形成した活性導波路層と、その活性導波路層の前後にそれぞれの活性導波路層と光学的に結合した非活性導波路層とを有する分布反射型半導体レーザであって、前及び後の非活性導波路領域の一部または全部が前述の半導体分布反射器で構成されていて、前側の非活性導波路領域に形成される回折格子は、ピッチが $\Lambda_a$ から $\Lambda_b$ まで連続的もしくは断続的に変化する領域が周期 $M_r$ （ただし、 $M_r > \Lambda_a$ 、 $\Lambda_b$ ）で繰り返し形成されており、後側の非活性導波路領域に形成される回折格子は、ピッチが $\Lambda_a'$ から $\Lambda_b'$ まで連続的もしくは断続的に変化する領域が周期 $M_r$ （ただし、 $M_r > \Lambda_a'$ 、 $\Lambda_b'$ ）で繰り返し形成されており、前及び後の非活性導波路領域の屈折率をそれぞれ独立に電流注入、あるいは電圧印加を行うことにより制御し発振波長を広域掃引できる波長掃引機能付き半導体レーザを用いる。

【0007】また、その波長掃引機能付き半導体レーザにおいて、回折格子が形成されていない非活性導波路領域に電流注入、もしくは電圧印加を行うことによって、上記領域の屈折率を制御して発振波長を広域掃引できる波長掃引機能付き半導体レーザを用いる。

【0008】また、その波長掃引機能付き半導体レーザにおいて、回折格子が形成されている前後の非活性導波路層の上方に、それぞれ櫛型に配置された2つの独立な電極を有する波長掃引機能付き半導体レーザを用いる。

【0009】さらに別のレーザ構造として、半導体基板上に形成した活性導波路層の上部あるいは下部に回折格子を有し、電氣的に分離された領域が少なくとも2つ以上ある、いわゆる多電極分布帰還型半導体レーザにおいて、活性導波路領域の一部または全部が前述の半導体分布反射器で構成されていて、回折格子の構成が異なる2つの領域を有し、そのうちの1つの領域に形成される回折格子は、ピッチが $\Lambda_a$ から $\Lambda_b$ まで連続的もしくは断続的に変化する領域が周期 $M_r$ （ただし、 $M_r > \Lambda_a$ 、 $\Lambda_b$ ）で繰り返し形成されており、他方の領域に形成される回折格子は、ピッチが $\Lambda_a'$ から $\Lambda_b'$ まで連続的もしくは断続的に変化する領域が周期 $M_r$ （ただし、 $M_r > \Lambda_a'$ 、 $\Lambda_b'$ ）で繰り返し形成されており、前記異なる2つの活性導波路領域の屈折率をそれぞれ独立に電流注入を行い制御し、レーザ発振状態を保ちつつ発振波長を

広域掃引できる波長掃引機能付き半導体レーザを用いる。

【0010】また、その波長掃引機能付き半導体レーザにおいて、回折格子が形成されていない活性導波路領域に注入する電流値を変化させることによって、上記領域の屈折率を制御して発振波長を広域掃引できる波長掃引機能付き半導体レーザ。

【0011】また、その波長掃引機能付き半導体レーザにおいて、回折格子が形成されている異なる2つの領域の活性導波路層の上方に、それぞれ櫛型に配置された2つの独立な電極を有する波長掃引機能付き半導体レーザ。

【0012】

【作用】本発明による請求項1の分布反射器は、図10に示すように回折格子のピッチが $\Lambda_a$ から $\Lambda_b$ まで連続的、もしくは断続的に変化する領域が周期 $M_r$ で繰り返し形成されているため、その分布反射器の反射特性は、波長 $\lambda_a = 2\Lambda_a n_{aa}$ から波長 $\lambda_b = 2\Lambda_b n_{aa}$ までの間に波長間隔 $\Delta\lambda_r = \lambda_a^2 / 2n_{aa}M_r$ （ $\lambda_a = n_{aa}(\Lambda_a + \Lambda_b)$ ）で周期的に反射ピークを持つ特性となる。そこで、図11に示すように便宜的にこの反射ピーク点の波長を $\lambda_1 \sim \lambda_n$ とする。ここで本発明の波長制御機能付き半導体レーザでは、分布反射型（請求項2～4）、及び分布帰還型（請求項5～7）いずれの場合も異なる構成の前述の分布反射器をさらにもう1つ用いる。そのもう1つの分布反射器の反射特性を、波長 $\lambda_a' = 2\Lambda_a' n_{aa'}$ から波長 $\lambda_b' = 2\Lambda_b' n_{aa'}$ までの間に、波長間隔 $\Delta\lambda_r' = \lambda_a'^2 / 2n_{aa'}M_r$ （ $\lambda_a' = n_{aa'}(\Lambda_a' + \Lambda_b')$ ）で周期的に反射ピーク $\lambda_1' \sim \lambda_n'$ を持つ特性となる。ここで、2つの分布反射領域の回折格子のピッチ変調の周期 $M_r$ 及び、 $M_r$ はそれぞれ異なる周期で形成しておく。

【0013】請求項2～4、及び5～7については、上記2つの異なる分布反射領域の屈折率をそれぞれ電氣的に独立に制御して、 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ のうちの一波長 $\lambda_i$ （ $i = 1 \sim n$ ）に $\lambda_1' \sim \lambda_n'$ のうちの一つを同調させて、その $\lambda_i$ 近傍のみでレーザ発振させることができる。図11は、 $\lambda_1$ と $\lambda_2$ の発振例、すなわち $i$ が1及び2の場合を示したものである。 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ 及び $\lambda_1' \sim \lambda_n'$ を半導体の利得帯域がカバーできる程度に設定すれば、利得帯域をカバーする発振波長制御を行うことができる。ここで前述の回折格子を、活性領域の両側に非活性領域を有する分布反射型のレーザの非活性領域中に形成したものが請求項2～4であり、共振器が活性領域のみで構成された分布帰還型のレーザの活性領域中に前述の回折格子を形成したものが請求項5～7である。

【0014】請求項3は、非活性導波路層のなかで回折格子を形成していない位相調整領域の屈折率を、前述の分布反射領域とは独立に制御することにより、前述の波長 $\lambda_i$ 近傍で発振波長を微少調整することができ、した

5

がって、 $\lambda_1 \sim \lambda_2$  の全範囲の波長帯全てでレーザ発振させることができる。

【0015】さらに請求項6は、活性領域中で回折格子を形成していない位相調整領域の屈折率を、前述の分布反射器領域とは独立に制御することにより、前述の波長 $\lambda_1$ 近傍で発振波長を微少調整することができる。したがって、 $\lambda_1 \sim \lambda_2$  の全範囲の波長帯全てでレーザ発振させることができる。

【0016】請求項4の分布反射型半導体レーザでは、前後の分布反射器の上方に設けられた2組の櫛型電極のうちのそれぞれ1つずつに、独立に電流注入、もしくは電圧印加を行うことによって、前後の分布反射器の平均等価屈折率をそれぞれ独立に変化させ、前述の任意の波長 $\lambda_1$ 近傍でレーザ発振を得ることができる。ここで前後の分布反射器の平均屈折率を同時に同量だけ変化させれば、前記波長 $\lambda_1$ 近傍での発振波長の微調整が可能となる。本発明による分布反射型半導体レーザでは、前記櫛型電極の残りの2つの電極を短絡して、該電極に電流注入、もしくは電圧印加を行うことにより、 $\lambda_1$ 近傍での発振波長の微調整を行うことができる。さらに、本発明による分布反射型半導体レーザでは、前述の短絡した櫛型電極と回折格子が形成されていない非活性導波路領域とに、同時に電流注入、もしくは電圧印加を行い、前記波長 $\lambda_1$ 近傍で連続的に発振波長を掃引することができる。

【0017】また、請求項7の分布帰還型半導体レーザでは、2つの分布反射器の上方に設けられた2組の櫛型電極のうちのそれぞれ1つずつに注入する電流値を変化させることによって、2つの分布反射器の平均等価屈折率をそれぞれ独立に変化させ、前述の任意の波長 $\lambda_1$ 近傍でレーザ発振を得ることができる。ここで前後の分布反射器の平均屈折率を同時に同量だけ変化させれば、前記波長 $\lambda_1$ 近傍での発振波長の微調整を行うことができる。さらに、本発明による分布帰還型半導体レーザでは、前述の短絡した櫛型電極と回折格子が形成されていない活性導波路領域とに注入する電流値を同時に変化させることにより、前記波長 $\lambda_1$ 近傍で連続的に発振波長を掃引することができる。

【0018】以上に説明したような方法により、波長 $\lambda_1$ から $\lambda_n$ までの間の任意の波長でレーザ発振を得ることができる。さらに、前述の波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ 、及び $\lambda_1' \sim \lambda_n'$ を半導体の利得帯域がカバーできる程度に設定すれば、上記利得帯域内の任意の波長でレーザ発振が得られる。

【0019】

【実施例】【実施例1】実施例1～2では請求項2、3の発明を示す。

6

【0020】図1に本発明の分布反射型の波長掃引機能付き半導体レーザの実施例を示す。図1において、1はn型InP基板、2はバンドギャップ波長が $1.55 \mu\text{m}$ のInGaAsP活性導波路層、3はバンドギャップ波長が $1.3 \mu\text{m}$ のInGaAsP非活性導波路層、4はp型InPクラッド層、5はp(+)型InGaAsPキャップ層、6はp型InP電流ブロック層、7はn型電流ブロック層、8はn型電極、9はp型電極、10aはピッチが $\Lambda_1$ から $\Lambda_n$ まで連続的に変化する回折格子の領域が周期 $M_r$ で繰り返し形成された部分、10bはピッチが $\Lambda_1'$ から $\Lambda_n'$ まで連続的に変化する回折格子の領域が周期 $M_r$ で繰り返し形成された部分、11は活性導波路層と非活性導波路層の結合部分、101は活性領域、102及び103はそれぞれ前側及び後側の分布反射器領域、104は位相調整領域である。

【0021】前記実施例の波長掃引機能付き分布反射型レーザの作製方法を簡単に説明する。最初に、有機金属気相エビタキシャル成長法を用いて、n型InP基板1上に活性導波路層2と非活性導波路層3を作製する。その後、非活性導波路層3の表面に塗布したレジストに、電子ビーム露光法によって、ピッチが変調された回折格子のパターンを転写し、その転写パターンをマスクとしてエッチングによって10a及び10bの回折格子を形成する。そして、横モードを制御するためにストライプ状に導波路を加工し、再度有機金属気相エビタキシャル成長法を用いて、p型InP電流ブロック層6、n型電流ブロック層7、p型InPクラッド層4、及びp(+)型InGaAsPキャップ層5を順次作製する。その後、p型電極9及びn型電極8を形成し、さらに、活性導波路層2を含む活性領域101、回折格子が形成された部分10a及び10bを有する分布反射器領域102及び103、及び回折格子が形成されていない非活性導波路層を有する位相調整領域104をそれぞれ互いに電気的に分離するために、それらの結合部分の上方のp型電極9、及びp(+)型InGaAsPキャップ層5を除去する。

【0022】本実施例の波長掃引機能付き分布反射型半導体レーザにおける回折格子では、10aの部分ではピッチが $2459 \text{ \AA}$ から $2389 \text{ \AA}$ まで連続的に変化する領域が周期 $75 \mu\text{m}$ で繰り返し形成されており、10bの部分ではピッチが $2454 \text{ \AA}$ から $2385 \text{ \AA}$ まで連続的に変化する領域が周期 $67.5 \mu\text{m}$ で繰り返し形成されている。

【0023】以上のような構成の分布反射型半導体レーザでは、活性領域101に電流を流すことによってレーザ発振が生じ、分布反射器領域102及び103、位相調整領域104にそれぞれ独立に電流を流したり、電圧を印加することによって発振波長が変化する。活性領域に一定電流を流し、分布反射器領域102と位相調整領域104には電流を流さない状態で、分布反射器領域1

7

03の電流を変化させたときの発振波長の変化の様子を図2に示す。図2に示すように、本実施例の分布反射型半導体レーザでは、分布反射器領域103に電流を流すことによって、発振波長が1.575 $\mu$ mから1.530 $\mu$ mまで約50Åおきに変化し、最大450Åの波長掃引が得られる。さらに、分布反射器領域102及び位相調整領域104に流す電流をそれぞれ制御することによって、450Åの全範囲にわたって、発振波長を変化させることができる。

【0024】なお、上述の実施例では、活性導波路層、及び非活性導波路層が単一の半導体層で構成されている場合について説明したが、多重量子井戸構造等のような、組成の異なる複数の半導体層が積層された構造であっても本発明は適用可能である。

【0025】〔実施例2〕実施例1では、分布反射器領域に形成された回折格子のピッチが連続的に変化する場合について説明したが、回折格子のピッチが断続的に変

【表1】

表 1

前側分布反射器領域			後側分布反射器領域		
№	ピッチ(Å)	ブラッグ波長( $\mu$ m)	№	ピッチ(Å)	ブラッグ波長( $\mu$ m)
1	2459	1.5748	1	2454	1.5719
2	2451	1.5696	2	2446	1.5662
3	2443	1.5645	3	2437	1.5605
4	2435	1.5594	4	2428	1.5549
5	2427	1.5543	5	2419	1.5493
6	2419	1.5494	6	2411	1.5438
7	2412	1.5444	7	2402	1.5383
8	2404	1.5394	8	2394	1.5329
9	2396	1.5345	9	2385	1.5275
10	2389	1.5296			

【0027】このような構造の波長掃引機能付き半導体レーザにおいても、実施例1のところで説明したような方法で、各電極への注入電流値を制御することによって、1.575 $\mu$ mから1.530 $\mu$ mまでの450Åの範囲内の全ての波長において、レーザ発振動作を行うことができる。

【0028】〔実施例3〕実施例3、4では、請求項3、4の発明を示す。

8

\*化している場合にも本発明を適用することができる。そこで、以下に回折格子のピッチを断続的に変化した場合の実施例について説明する。回折格子以外の構造は、図1に示した実施例1の場合の構造と同一のものであって、前側分布反射器領域102に形成される回折格子10aと後側分布反射器領域103に形成される回折格子10bが次のような構成になっている。回折格子10aは、ピッチが2459Åから2389Åまで7.5 $\mu$ mずつ断続的に10段階変化する領域が75 $\mu$ mの繰り返し周期で形成されており、回折格子10bは、ピッチが2454Åから2385Åまで7.5 $\mu$ mずつ断続的に9段階変化する領域が67.5 $\mu$ mの繰り返し周期で形成されている。表1に本実施例で用いた回折格子のピッチと制御電流を注入していないときのブラッグ波長を示す。

【0026】

【表1】

【0029】図3に本発明による波長掃引機能付き分布反射型半導体レーザの一実施例の構造図を示す。図3において、(a)は上記分布反射型半導体レーザを上方から眺めた図であり、(b)は(a)に示した線A-A'で分布反射型半導体レーザを切りとったときの断面図であり、(c)は(a)に示した線B-B'で分布反射型半導体レーザを切りとったときの断面図である。図3において、1はn型InP基板、2はバンドギャップ波長

が1.55 $\mu\text{m}$ のInGaAsP活性導波路層、3はバンドギャップ波長が1.3 $\mu\text{m}$ のInGaAsP非活性導波路層、4はp型InPクラッド層、5はp(+)型InGaAsPキャップ層、6はp型InP電流ブロック層、7はn型電流ブロック層、8はn型電極、9aは活性領域101に設けられたp型電極、9bは位相調整領域104に設けられたp型電極、9c、9dは前側の分布反射器領域102に設けられた1組の櫛型p型電極、9e、9fは後側の分布反射器領域103に設けられた1組の櫛型p型電極、10aはピッチが $\Lambda_1$ から $\Lambda_2$ まで連続的に変化する回折格子の領域が周期 $M_1$ で繰り返し形成された部分、10bはピッチが $\Lambda_1'$ から $\Lambda_2'$ まで連続的に変化する回折格子の領域が周期 $M_1$ で繰り返し形成された部分、11は活性導波路層と非活性導波路層の結合部分である。

【0030】本実施例の波長掃引機能付き分布反射型半導体レーザにおける回折格子では、10aの部分ではピッチが2459Åから2389Åまで連続的に変化する領域が周期75 $\mu\text{m}$ で繰り返し形成されており、10bの部分ではピッチが2454Åから2385Åまで連続的に変化する領域が周期67.5 $\mu\text{m}$ で繰り返し形成されている。また、櫛型電極において、櫛状に細かく分割された個々の電極の繰り返し周期は、回折格子のピッチ変調周期と同一になっている。すなわち、前側分布反射器領域の櫛型電極9c、9dの個々の電極は、75 $\mu\text{m}$ 周期で繰り返し形成されていて、電極の長さはその周期のほぼ半分の長さになっている。そして、後側分布反射器領域の櫛型電極9e、9fの個々の電極は、67.5 $\mu\text{m}$ 周期で繰り返し形成されている。

【0031】以上のような構成の分布反射型半導体レーザでは、活性領域101に電流を流すことによってレーザ発振が生じ、分布反射器領域102及び103、位相調整領域104にそれぞれ独立に電流を流したり、電圧を印加することによって発振波長が変化する。

【0032】活性領域に一定電流を流し、前後の分布反射器領域102及び103に設けられた櫛型電極のうちの9c、9d、及び9fと位相調整領域104に設けられたp型電極9bには電流を流さない状態で、分布反射器領域103に設けられた櫛型電極9eに流す電流を変化させたときの発振波長の変化の様子を図4に示す。図4に示すように、本実施例の分布反射型半導体レーザでは、分布反射器領域103に電流を流すことによって、発振波長を1.575 $\mu\text{m}$ から1.530 $\mu\text{m}$ まで約50Åおきに変化させることができる。

【0033】また前述の状態において、櫛型電極9cと9eに流す電流値を固定して、約50Åおきに変化する発振波長のうちの1つの波長を選択し、さらにここで櫛型電極9dと9fとを電氣的に短絡して、上記電極に同時に電流を注入することにより、発振波長を微調整することが可能である。短絡した櫛型電極9dと9fに流す

電流を変化させたときの発振波長の変化の様子を図5に実線で示す。図5に示すように、本実施例の分布反射型半導体レーザでは、短絡した櫛型電極9dと9fと同時に電流を流すことによって、波長跳びを起こしながら発振波長を50Å程度変化させることができる。

【0034】さらに位相調整領域104に設けられたp型電極9bに電流を流して、短絡した櫛型電極9dと9fとに流す電流を変化させたときの発振波長の変化の様子を図5に破線で示す。このように、位相調整領域に設けられたp型電極9bに流す電流を制御することによって、さらに発振波長を微調整することが可能となる。

【0035】p型電極9b～fに流す電流を以上に説明した手順で調整することによって、発振波長の粗調整、微調整を行い、450Åの波長範囲にわたって任意の発振波長を選択することが可能となる。

【0036】〔実施例4〕実施例3では、分布反射器領域に形成された回折格子のピッチが連続的に変化する場合作について説明したが、回折格子のピッチが断続的に変化している場合にも本発明を適用することができる。そこで、以下に回折格子のピッチを断続的に変化した場合の実施例について説明する。回折格子以外の構造は、図3に示した実施例3の場合の構造と同一のものであって、前側分布反射器領域102に形成される回折格子10aと後側分布反射器領域103に形成される回折格子10bが次のような構成になっている。回折格子10aは、ピッチが2459Åから2389Åまで7.5 $\mu\text{m}$ ずつ断続的に10段階変化する領域が75 $\mu\text{m}$ の繰り返し周期で形成されており、回折格子10bは、ピッチが2454Åから2385Åまで7.5 $\mu\text{m}$ ずつ断続的に9段階変化する領域が67.5 $\mu\text{m}$ の繰り返し周期で形成されている。表1に本実施例で用いた回折格子のピッチと制御電流を注入していないときのブラッグ波長を示す。

【0037】このような構造の波長掃引機能付き分布反射型半導体レーザにおいても、実施例3のところで説明したような方法で、各電極への注入電流値を制御することによって、1.575 $\mu\text{m}$ から1.530 $\mu\text{m}$ までの450Åの範囲内の全ての波長において、レーザ発振動作を行うことができる。

【0038】〔実施例5〕実施例5は、請求項4の発明を示す。

【0039】実施例3、4は、回折格子のピッチ変調周期と櫛型電極の個々の電極の繰り返し周期が同一の場合について説明したが、櫛型電極の個々の電極の繰り返し周期が回折格子のピッチ変調周期よりも小さい場合には、上記実施例と同様の効果が得られる。一方、電極の繰り返し周期が回折格子のピッチ変調周期よりも大きい場合には、違った効果が得られる。その一例として、図3に示した実施例3の波長掃引機能付き分布反射型半導体レーザと櫛型電極以外の構造は全て同じで、櫛型電極



11

9c~fの個々の電極の長さが2倍になっている半導体レーザについて、その共振波長の制御方法を以下に説明する。

【0040】図6に本実施例における半導体レーザの分布反射器領域の反射特性を示す。櫛型電極に電流を注入しない場合は、図6(a)に示すように、回折格子のピッチ変調周期 $M_r$ に対応する波長間隔 $\Delta\lambda_r$ で周期的に反射ピークを持つ反射特性となる。ここで、回折格子の上方に設けられた周期 $2M_r$ で個々の電極が繰り返し形成されている1組の櫛型電極のうちの片方の電極に電流を注入すると、屈折率が周期 $2M_r$ で変動するため、図6(b)に示すような、波長間隔 $\Delta\lambda_r/2$ で周期的に反射ピークを持つ特性になる。さらに、その電極に流す電流量を増すと、図6(c)に示すように、電流を全く流さないときの反射特性が $\Delta\lambda_r/2$ だけシフトした特性となる。以上のような原理を用いることにより、波長間隔 $\Delta\lambda_r/2$ で共振波長の粗調整が行える。つまり、実施例1及び実施例2の半導体レーザでは、50Åごとに共振波長の粗調整が行えるのに対して、本実施例の半導体レーザでは、25Åごとに共振波長の粗調整が行える。

【0041】〔実施例6〕実施例6、7は請求項5の発明を示す。

【0042】図7に本発明による分布帰還型の波長掃引機能付き半導体レーザの一実施例の構造図を示す。図7において、1はn型InP基板、2はバンドギャップ波長が1.55 $\mu\text{m}$ のInGaAsP活性層、3はバンドギャップ波長が1.3 $\mu\text{m}$ のInGaAsP光閉じ込め層、4はp型InPクラッド層、5はp(+)型InGaAsPキャップ層、6はp型InP電流ブロック層、7はn型電流ブロック層、8はn型電極、9はp型電極、10aはピッチが $\Lambda_r$ から $\Lambda_r'$ まで連続的に変化する回折格子の領域が周期 $M_r$ で繰り返し形成された部分、10bはピッチが $\Lambda_r'$ から $\Lambda_r''$ まで連続的に変化する回折格子の領域が周期 $M_r$ で繰り返し形成された部分、102及び103はそれぞれ前側及び後側の分布反射器領域、104は位相調整領域である。

【0043】前記実施例の波長掃引機能付き半導体レーザの作製方法を簡単に説明する。最初に、有機金属気相エビタキシャル成長法を用いて、n型InP基板上に活性層2と光閉じ込め層3を作製する。その後、光閉じ込め層3の表面に塗布したレジストに、電子ビーム露光法によって、ピッチが変調された回折格子のパターンを転写し、その転写パターンをマスクとしてエッチングによって10a及び10bの回折格子を形成する。そして、横モードを制御するためにストライプ状に導波路を加工し、再度有機金属気相エビタキシャル成長法を用いて、p型InP電流ブロック層6、n型電流ブロック層7、p型InPクラッド層4、及びp(+)型InGaAsPキャップ層5を順次作製する。その後、p型電極9及び

12

n型電極8を形成し、さらに、回折格子が形成された部分10a及び10bを有する分布反射器領域102及び103、及び回折格子が形成されていない非活性導波路層を有する位相調整領域104をそれぞれ互いに電気的に分離するために、それらの結合部分の上方のp型電極9、及びp(+)型InGaAsPキャップ層5を除去する。

【0044】本実施例の波長掃引機能付き半導体レーザにおける回折格子では、10aの部分ではピッチが2459Åから2389Åまで連続的に変化する領域が周期75 $\mu\text{m}$ で繰り返し形成されており、10bの部分ではピッチが2454Åから2385Åまで連続的に変化する領域が周期67.5 $\mu\text{m}$ で繰り返し形成されている。

【0045】以上のような構成の波長掃引機能付き半導体レーザでは、全領域に電流を注入することによってレーザ発振が生じ、分布反射器領域102及び103、位相調整領域104の電流値をそれぞれ独立に変化させることによって共振波長が変化する。前側分布反射器領域102と位相調整領域104に一定電流を流した状態で、後側分布反射器領域103の電流を変化させたときの共振波長の変化の様子を図2に示す。図2に示すように、本実施例の半導体レーザでは、分布反射器領域103に電流を流すことによって、共振波長が1.575 $\mu\text{m}$ から1.530 $\mu\text{m}$ まで約50Åおきに変化し、最大450Åの波長掃引が得られる。さらに、分布反射器領域102及び位相調整領域104に流す電流をそれぞれ制御することによって、450Åの全範囲にわたって、共振波長を変化させることができる。

【0046】なお、上述の実施例では、活性層が単一の半導体層で構成される場合について説明したが、活性層として、組成の異なる半導体層が交互に積層されたいわゆる多重量子井戸構造を備えた場合でも本発明は適用可能である。

【0047】〔実施例7〕実施例6では、分布反射器領域に形成された回折格子のピッチが連続的に変化する場について説明したが、回折格子のピッチが断続的に変化している場合にも本発明を適用することができる。そこで、以下に回折格子のピッチを断続的に変化した場合の実施例について説明する。回折格子以外の構造は、図7に示した実施例6の場合の構造と同一のものであって、前側分布反射器領域102に形成される回折格子10aと後側分布反射器領域103に形成される回折格子10bが次のような構成になっている。回折格子10aは、ピッチが2459Åから2389Åまで7.5 $\mu\text{m}$ ずつ断続的に10段階変化する領域が75 $\mu\text{m}$ の繰り返し周期で形成されており、回折格子10bは、ピッチが2454Åから2385Åまで7.5 $\mu\text{m}$ ずつ断続的に9段階変化する領域が67.5 $\mu\text{m}$ の繰り返し周期で形成されている。表1に本実施例で用いた回折格子のピッチと制御電流を注入していないときのブラッグ波長を示

す。

【0048】このような構造の波長掃引機能付き半導体レーザにおいても、実施例1のところで説明したような方法で、各電極への注入電流値を制御することによって、1.575  $\mu\text{m}$ から1.530  $\mu\text{m}$ までの450 Aの範囲内の全ての波長において、レーザ発振動作を行うことができる。

【0049】〔実施例8〕実施例8、9は請求項6、7の発明を示す。

【0050】図8に本発明による波長掃引機能付き半導体レーザの一実施例の構造図を示す。図8において、

(a)は上記半導体レーザを上方から眺めた図であり、

(b)は(a)に示した線A-A'で半導体レーザを切りとったときの断面図であり、(c)は(a)に示した

線B-B'で半導体レーザを切りとったときの断面図である。図8において、1はn型InP基板、2はバンド

ギャップ波長が1.55  $\mu\text{m}$ のInGaAsP活性層、3はバンドギャップ波長が1.3  $\mu\text{m}$ のInGaAsP

光閉じ込め層、4はp型InPクラッド層、5はp(+)型InGaAsPキャップ層、6はp型InP電流プロ

ック層、7はn型電流ブロック層、8はn型電極、9

c、9dは前側の分布反射器領域102に設けられた1組の櫛型p型電極、9e、9fは後側の分布反射器領域

103に設けられた1組の櫛型p型電極、9bは位相調整領域104に設けられたp型電極、10aはピッチが

$\Lambda_1$ から $\Lambda_2$ まで連続的に変化する回折格子の領域が周期 $M_1$ で繰り返し形成された部分、10bはピッチが $\Lambda_1$

から $\Lambda_2$ まで連続的に変化する回折格子の領域が周期 $M_2$ で繰り返し形成された部分である。

【0051】本実施例の波長掃引機能付き半導体レーザにおける回折格子では、10aの部分ではピッチが24

59 Åから2389 Åまで連続的に変化する領域が周期75  $\mu\text{m}$ で繰り返し形成されており、10bの部分では

ピッチが2454 Åから2385 Åまで連続的に変化する領域が周期67.5  $\mu\text{m}$ で繰り返し形成されている。

【0052】以上のような構成の半導体レーザでは、全領域に適当に電流を流すことによってレーザ発振が生

じ、分布反射器領域102及び103、位相調整領域104にそれぞれ独立に電流を流すことによって発振波長

が変化する。

【0053】前後の分布反射器領域102及び103に設けられた櫛型電極のうちの9c、9d、及び9fと位

相調整領域104に設けられたp型電極9bに一定電流を流して、レーザ発振を起こした状態で、分布反射器領

域103に設けられた櫛型電極9eに流す電流を変化させたときの発振波長の変化の様子を図4に示す。図4に

示すように、本実施例の半導体レーザでは、櫛型電極9eに流す電流値を変化させることによって、発振波長を

1.575  $\mu\text{m}$ から1.530  $\mu\text{m}$ まで約50 Åおきに変化させることができる。

【0054】また前述の状態において、櫛型電極9eに流す電流値を固定して、約50 Åおきに变化する発振波

長のうちの1つの波長を選択し、さらにここで櫛型電極9dと9fとを電氣的に短絡して、上記電極に流す電流

値を同時に变化させることにより、発振波長を微調整することが可能である。短絡した櫛型電極9dと9fに流

す電流を変化させたときの発振波長の変化の様子を図5に実線で示す。図5に示すように、本実施例の半導体

レーザでは、短絡した櫛型電極9dと9fとに同時に電流を流すことによって、波長跳びを起こしながら発振波長

を50 Å程度変化させることができる。

【0055】さらに、位相調整領域104に設けられたp型電極9bに流す電流値を変えて、短絡した櫛型電極

9dと9fとに流す電流を変化させたときの発振波長の変化の様子を図5に破線で示す。このように、位相調整

領域に設けられたp型電極9bに流す電流を制御することによって、さらに発振波長を微調整することが可能と

なる。

【0056】p型電極9b～fに流す電流を以上に説明した手順で調整することによって、発振波長の粗調整、

微調整を行い、450 Åの波長範囲にわたって任意の発振波長を選択することが可能となる。

【0057】〔実施例9〕実施例8では、分布反射器領域に形成された回折格子のピッチが連続的に変化する場

合について説明したが、回折格子のピッチが断続的に変化している場合にも本発明を適用することができる。そ

こで、以下に回折格子のピッチを断続的に変化した場合の実施例について説明する。回折格子以外の構造は、

図8に示した実施例8の場合の構造と同一のものであって、前側分布反射器領域102に形成される回折格子1

0aと後側分布反射器領域103に形成される回折格子10bが次のような構成になっている。回折格子10a

は、ピッチが2459 Åから2389 Åまで7.5  $\mu\text{m}$ ずつ断続的に10段階変化する領域が75  $\mu\text{m}$ の繰り返し

周期で形成されており、回折格子10bは、ピッチが2454 Åから2385 Åまで7.5  $\mu\text{m}$ ずつ断続的に

9段階変化する領域が67.5  $\mu\text{m}$ の繰り返し周期で形成されている。表1に本実施例で用いた回折格子のピ

ッチと制御電流を注入していないときのブラッグ波長を示す。

【0058】このような構造の波長掃引機能付き半導体レーザにおいても、実施例8のところで説明したような

方法で、各電極への注入電流値を制御することによって、1.575  $\mu\text{m}$ から1.530  $\mu\text{m}$ までの450 A

の範囲内の全ての波長において、レーザ発振を行うことができる。

【0059】〔実施例10〕実施例10は請求項7の発明を示す。

【0060】実施例は、回折格子のピッチ変調周期と櫛型電極の個々の電極の繰り返し周期が同一の場合につい

て説明したが、櫛型電極の個々の電極の繰り返し周期が回折格子のピッチ変調周期よりも小さい場合には、上記実施例と同様の効果が得られる。一方、電極の繰り返し周期が回折格子のピッチ変調周期よりも大きい場合には、違った効果が得られる。その一例として、図8に示した実施例8の波長掃引機能付き半導体レーザと櫛型電極以外の構造は全て同じで、櫛型電極9c~fの個々の電極の長さが2倍になっている半導体レーザについて、その発振波長の制御方法を以下に説明する。

【0061】図6に本実施例における半導体レーザの分布反射器領域の反射特性を示す。櫛型電極に電流を注入しない場合は、図6(a)に示すように、回折格子のピッチ変調周期 $M_r$ に対応する波長間隔 $\Delta\lambda_r$ で、周期的に反射ピークを持つ反射特性となる。ここで、回折格子の上方に設けられた周期 $2M_r$ で個々の電極が繰り返し形成されている1組の櫛型電極のうちの片方の電極に電流を注入すると、屈折率が周期 $2M_r$ で変動するため、図6(b)に示すような、波長間隔 $\Delta\lambda_r/2$ で周期的に反射ピークを持つ特性になる。さらに、その電極に流す電流量を増すと、図6(c)に示すように、電流を全く流さないときの反射特性が $\Delta\lambda_r/2$ だけシフトした特性となる。以上のような原理を用いることにより、波長間隔 $\Delta\lambda_r/2$ で発振波長の粗調整が行える。つまり、実施例1及び実施例2の半導体レーザでは、50Åごとに発振波長の粗調整が行えるのに対して、本実施例の半導体レーザでは、25Åごとに発振波長の粗調整が行える。

#### 【0062】

【発明の効果】上記のように本発明による波長掃引機能付き半導体レーザは、半導体基板上に形成された上記半導体基板より光学的に屈折率が大きい光導波路層を、1層以上含む光導波路を有する半導体分布反射器において、上記光導波路上に形成された回折格子のピッチが $\Lambda_a$ から $\Lambda_b$ まで連続的もしくは断続的に変化する領域が、周期 $M_r$ （ただし、 $M_r > \Lambda_a, \Lambda_b$ ）で繰り返し形成されている半導体分布反射器を用いたことにより、活性導波路層の利得帯域幅にわたって、広帯域の波長掃引が制御性良く行える波長掃引機能付き半導体レーザを得ることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による波長掃引機能付き分布反射型半導体レーザの一実施例の概略構造図である。

【図2】本発明による分布反射型半導体レーザの一実施例における、発振波長変化の様子を示す図である。

【図3】本発明による波長制御機能付き分布反射型半導体レーザの一実施例を示す構造図で、(a)は上記半導体レーザの平面図、(b)は上記平面図に示すA-A'断面図、(c)は上記平面図に示すB-B'断面図である。

【図4】本発明の分布反射型半導体レーザにおける発振波長が粗調整される様子を示す図である。

【図5】上記分布反射型半導体レーザにおける発振波長が微調整される様子を示す図である。

【図6】本発明の実施例に示す分布反射型半導体レーザの分布反射器領域の反射特性を示す図で、(a)は櫛型電極に電流を注入しない場合、(b)は1組の櫛型電極の片方に電流を注入した場合、(c)は上記電極に流す電流を増した場合をそれぞれ示す図である。

【図7】本発明による波長掃引機能付き半導体レーザの一実施例を示す概略構造図である。

【図8】本発明による波長掃引機能付き半導体レーザの一実施例を示す構造図で、(a)は上記半導体レーザの平面図、(b)は上記平面図に示すA-A'断面図、(c)は上記平面図に示すB-B'断面図である。

【図9】従来の分布反射型レーザの断面図である。

【図10】本発明の波長掃引機能付き分布反射型半導体レーザの分布反射領域に形成された回折格子の概念図で、(a)は連続的に形成された場合、(b)は階段状断続的に形成された場合を示す図である。

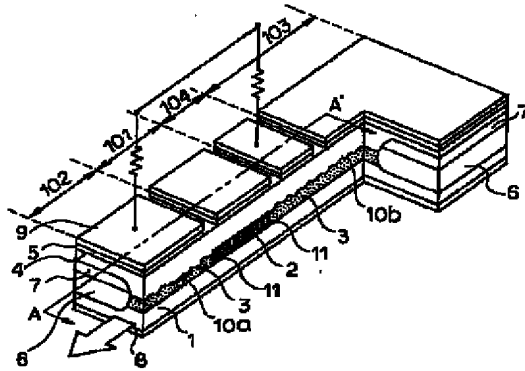
【図11】本発明の分布反射型半導体レーザによる発振波長の設定方法を示す図で、(a)は前側分布反射器領域の反射ピーク波長図、(b)は後側分布反射器領域の反射ピーク波長図、(c)は $\lambda_1$ の発振例、(d)は $\lambda_2$ の発振例をそれぞれ示す。

#### 【符号の説明】

- 1 半導体基板
- 2 光導波路層
- 3 非活性導波路層
- 9c、9d、9e、9f 櫛型電極
- 10a、10b 回折格子
- 101 活性導波路領域
- 102、103 非活性導波路領域
- 104 位相調整領域

【図1】

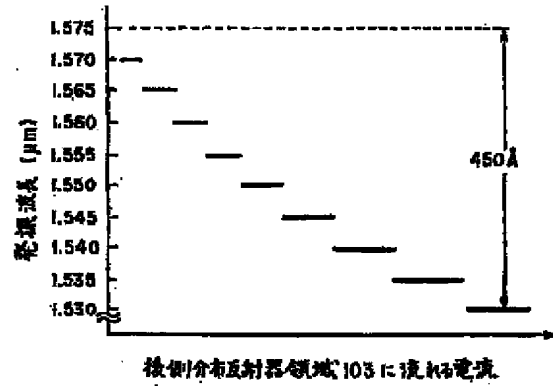
図 1



- 1---半導体基板  
 2---光導波路層  
 3---非活性導波路層  
 9c, 9d, 9e, 9f---指型電極  
 10a, 10b---回折格子  
 101---活性導波路領域  
 102, 103---非活性導波路領域  
 104---位相調整領域

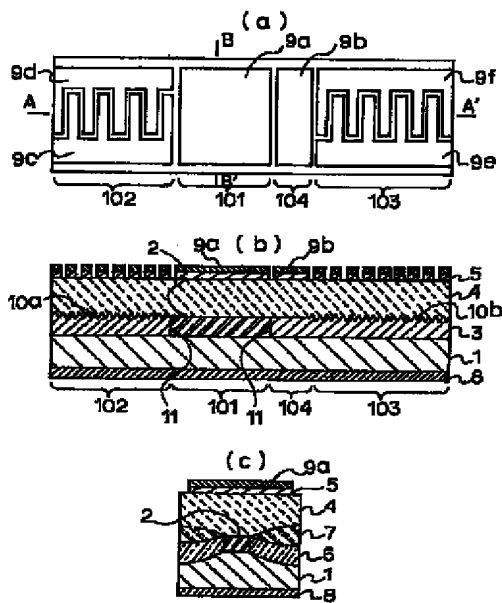
【図2】

図 2



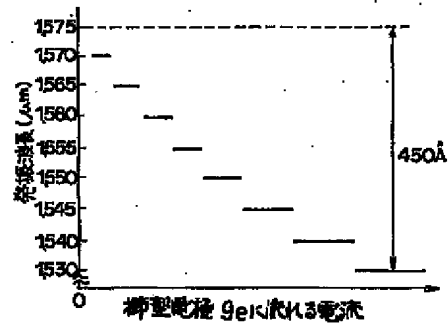
【図3】

図 3



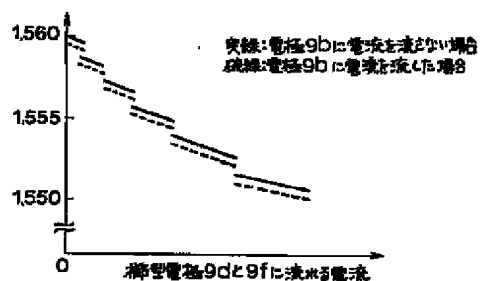
【図4】

図 4



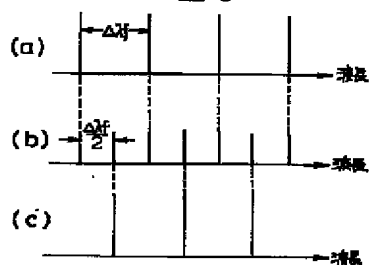
【図5】

図 5



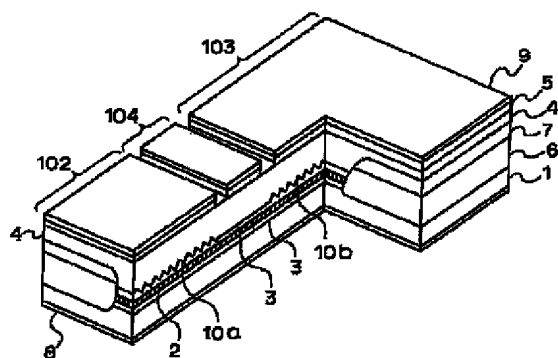
【図6】

図 6



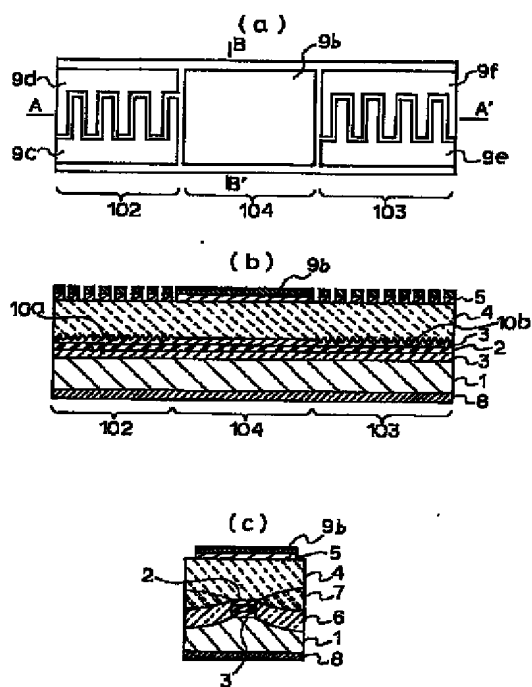
【図7】

図 7



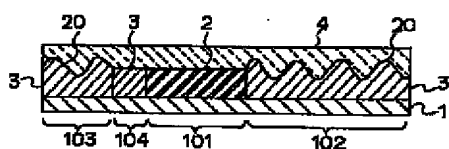
【図8】

図 8



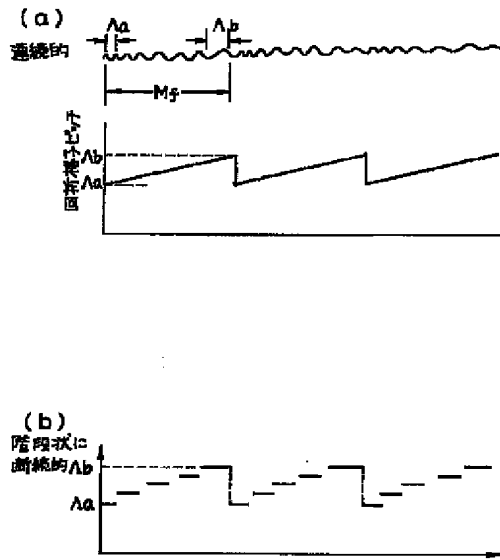
【図9】

図 9



【図10】

図 10



【図11】

図 11

